群际共情偏差的脑功能网络：基于 fMRI 研究的元分析

孙路闻 周月 蒋重清

(辽宁师范大学心理学院，大连 116029)

摘 要 群际共情偏差(Intergroup Empathy Bias)是指个体对内群体和外群体共情不平等的现象。目前，关于群际共情偏差的神经机制，尤其是其背后的脑功能网络及神经调控机制尚未明确。本研究利用激活似然估计法(activation likelihood estimation, ALE)对 19 篇群际共情偏差文献中报告的脑区坐标进行分析，得到两组显著激活簇，分别位于左侧前脑岛(left anterior insula, lAI)和内侧前额皮层(medial prefrontal cortex, mPFC)。进一步借助脑连通性元分析模型(Meta-Analytic Connectivity Modeling, MACM)与 Neurosynth 功能解码，研究发现两组显著激活簇不仅在群际共情偏差中起着关键作用，其所在的脑功能网络还与中央执行网络(central executive network, CEN)存在功能重叠。该发现不仅深化了群际共情的神经科学理论基础，还为制定教育干预策略提供了重要的神经科学依据。未来研究应着重探讨这些关键脑区的具体功能特征及其神经调控机制，并致力于将神经科学发现转化为实际有效的共情偏差干预方案，以促进群际和谐，减少社会偏见和冲突。

关键词 群际共情偏差，ALE 元分析，脑连通性元分析模型，Neurosynth

1 引言

群际共情偏差(Intergroup Empathy Bias)是指个体对内群体和外群体共情不平等的现象(Cikara et al., 2011)，具体表现为个体倾向于对内群体成员表现出更多的共情，而对外群体成员表现出较少共情，甚至是反共情(counter-empathic response)，即对外群体成员的不幸感到愉悦或对其成功感到不满的现象(Cikara et al., 2014; Gutsell & Inzlicht, 2012; Vanman, 2016)。群际共情偏差不仅揭示了共情活动会受到内外群体身份影响的局限性，还为理解社会偏见的形成、群体冲突的加剧及跨群体合作的障碍提供了关键视角。此外，群际共情偏差的研究对揭示共情的神经机制具有重要意义，因此近年来在社会心理学和神经科学领域都受到了广泛关注。

群际共情偏差有其积极的一面。从进化心理学的角度来看，个体对内群体的共情有利于维护群体利益、增强群体凝聚力，从而为内群体提供生存优势(Efferson et al., 2008)。然而，尽管群际共情偏差在某些情境下会为个体提供一定的生存优势，但其消极影响亦不容忽视。这种偏差可能会导致个体对外群体成员产生不公平对待。例如，在医疗领域中，白人医生对少数族裔患者(如黑人患者)的疼痛共情程度较低，因而更可能未给予少数族裔患者充分的疼痛缓解治疗(Losin et al., 2020; Vaughn et al., 2019)。在司法领域，陪审团成员对内外种族被告的共情偏差，也可能导致不同的判决结果(Mitchell et al., 2005)。值得注意的是，减少群际共情偏差有助于缓和群际冲突(intergroup conflict)并促进跨群体合作。研究表明，个体对外群体的共情程度与抑制群际冲突的态度和支持跨群体合作的意愿呈正相关。具体而言，个体对外群体的共情程度越高，越倾向于支持跨群体合作和缓解群际冲突(Caspar et al., 2023)。此外，通过利用催产素提升以色列犹太人对巴勒斯坦人的群体共情水平，能够为缓和巴以冲突提供帮助(Influs et al., 2018; Shamay-Tsoory et al., 2013)。

为了抑制群际共情偏差的消极作用、促进社会和谐与群际合作，研究者需要深入探究群际共情偏差背后的

收稿日期：2024-11-08
通讯作者：蒋重清, E-mail: jzqcjj@hotmail.com

神经机制。通过运用神经成像技术，例如功能性磁共振成像(functional magnetic resonance imaging, fMRI)，可以观测和分析大脑在执行内外群体共情任务时的神经活动差异。进一步地，研究人员可以根据神经活动差异的减少程度，客观评估不同方法在降低群际共情偏差方面的有效性，从而优化干预策略。

以往对于群际共情偏差神经机制的探索，多以内外种族群体为共情对象展开(Berlingeri et al., 2016; Cheon et al., 2011; Fourie et al., 2017; Hein et al., 2016)。例如，Xu 等人(2009)采用 fMRI 技术，基于白人和亚洲人为研究对象，开展了对内外种族疼痛共情的神经活动研究。神经成像结果显示，相较外种族面孔，呈现疼痛表情的内种族面孔能诱发被试前扣带回(anterior cingulate cortex, ACC)和前脑岛(anterior insula, AI)更强烈的神经活动。另一部分研究则采用了其他方式划分内外群体，如 Hein 等人(2010)通过球迷身份划分内外群体，其研究结果与 Xu 等人(2009)的发现相一致，即相较其他球队的球迷，本队球迷的痛苦图片能诱发被试前扣带回(ACC)和前脑岛(AI)更强烈的神经活动。此外，Ruckmann 等人(2015)利用最小群体范式随机划分内外群体，发现在不同群体共情条件下，被试的右侧梭状回(right fusiform gyrus)、小脑(cerebellum)、海马(hippocampus)和杏仁核(amygdala)表现出显著的神经活动差异。值得注意的是，相较其他划分方式，基于种族特征(如肤色等线索)的分类方法在稳定性和确切度上存在优势，因此相关领域积累了较多研究成果。然而，不同的群体划分方式是否会影响群际共情偏差的脑激活模式，目前仍缺乏系统性研究。

此外，群际共情偏差的神经机制还可以从共情的三个可分离但相互关联的心理过程(或者说成分)角度进行探索。具体而言，共情成分包括情感共情(affective empathy)(Decety, 2011)、认知共情(cognitive empathy)(Morelli et al., 2014)和共情关怀(empathic concern)(Decety, 2015; Rameson et al., 2012; Zaki & Ochsner, 2012)。情感共情指个体情绪会受到他人情绪的感染，其偏差在神经影像学上表现为对外群体共情条件下，前扣带回(ACC)和前脑岛(AI)的神经活动显著减弱(Cikara et al., 2011; Cikara & Van Bavel, 2014; Jackson et al., 2006; Han, 2018; Sheng et al., 2014)。认知共情指理解他人观点和情绪状态的能力，其偏差在神经影像学上表现为对外群体共情条件下，内侧前额皮层(medial prefrontal cortex, mPFC)(Mitchell, 2009)和颞顶联合区(temporo-parietal junction, TPJ)的神经活动显著减弱。共情关怀指个体产生同情心并表现出利他行为倾向的心理状态(Marsh, 2018; Rameson et al., 2012)。Drwecki 等人(2011)的研究发现，相较于黑人，白人被试对受伤的白人表现出更多的共情关怀，同时给予白人更高水平的止痛治疗。该过程涉及腹侧被盖区(ventral tegmental area, VTA)、膝下前扣带回皮层(subgenual anterior cingulate cortex, sACC)和纹状体(striatum)(FeldmanHall et al., 2015; Genevsky & Knutson, 2015)等脑区的神经活动。研究表明，在共情的认知过程中使用认知重评策略，即重新解释情绪事件的意义，不仅能影响共情者对他人情绪的推断，还可以自上而下地调节自身的情感共情反应(Thompson et al., 2019)。同时，认知共情与情感共情都可以引发共情关怀，进而促进亲社会行为的发生(Marsh, 2018)。

现有研究主要关注特定内外群体划分下的、单一成分的共情偏差关键脑区，而缺乏对这些脑区的综合分析和比较，尤其缺少对跨研究的显著一致性脑区(regions of significant concordance)的探索，因此既有研究结果的

信度尚未得到充分验证。例如，研究发现在疼痛共情过程中，认知和情感加工过程至少共享部分大脑网络，其中前脑岛(AI)很可能是关键部位(Cox et al., 2012; Gu et al., 2013)。然而前脑岛(AI)是否为群际共情偏差的显著一致性脑区，以及是否存在其他一致性脑区，仍有待深入探究。因此，有必要利用激活似然性估计法(activation likelihood estimation, ALE)探索群际共情偏差现象背后涉及的一致性脑区，从神经层面阐释群际共情偏差加工的核心脑区。

然而，一致性脑区虽然为研究者提供了群际共情偏差的关键脑区定位，但这仅代表了一种简化的研究视角。这种视角将群际共情偏差相关的功能局限于单个脑区，其神经功能解释也仅聚焦于存在差异的特定脑区，忽视了人脑实际上是由功能上和结构上相互作用的神经组织构成的复杂网络系统(Bullmore & Sporns, 2009)。具体而言，大脑功能的执行依赖于多个脑区之间广泛的交互(Varela et al., 2001)，各个脑区通过复杂的网络相互连接和影响，这些网络的动态交互对于群际共情活动的产生至关重要。因此，对相关脑区功能的全面解释应当基于任务状态下多个共同激活脑区的功能连通进行分析。这一目标可以通过脑连通性元分析模型(Meta-Analytic Connectivity Modeling, MACM)实现，并辅以 Neurosynth 工具进行功能解析。

综上所述，为确定群际共情偏差的显著一致性脑区并进一步阐明其功能含义，本研究拟采用以下研究方案：首先，利用激活似然性估计法(ALE)探索群际共情偏差现象涉及的一致性脑区。在此基础上，针对可能影响群际共情偏差的潜在变量[包括共情类型(疼痛、情绪)、内外群体划分依据(种族、其他)和共情任务(内隐、外显)]进行亚组分析。其次，结合脑连通性元分析模型(MACM)，确定与一致性脑区存在功能连通的其他脑区。最后，借助 Neurosynth 工具(包含超过 14000 个功能神经影像研究数据库的在线元分析工具)对群际共情任务状态下的脑功能网络进行功能解码，进而确定其功能特征。通过脑成像元分析整合多个独立研究成果，能够明确群际共情任务中内外群体共情差异条件下的一致性脑区，为后续的神经成像研究提供更为系统的理论框架和参考依据。此外，元分析结果还可以为神经层面的调控干预提供科学依据。具体而言，通过识别关键脑区及其功能网络，可以优化干预策略，从而更有效地减少群际共情偏差，促进社会和谐与合作。

2 方法

2.1 文献检索与纳入标准

在 PubMed、Web of Science、ProQuest、知网、万方和维普数据库中，对发表的关于群际共情偏差的 fMRI 研究进行检索(截止日期为 2024 年 1 月 31 日)。中文数据库检索使用四个维度的关键词：第一维度为神经成像相关术语(fMRI、脑成像)；第二维度为群际相关术语(群体、群际、内群体、外群体)；第三维度为共情相关术语(共情、移情、同情)；第四组为偏差相关术语(偏见、偏差)。英文数据库检索同样使用四个维度的关键词：第一维度为神经成像相关术语(fMRI、functional MRI、brain imaging)；第二维度为群际相关术语(group、intergroup、ingroup、outgroup)；第三维度为共情相关术语(empathy、sympathy、compassion)；第四组为偏差相关术语(prejudice、

bias)。利用布尔逻辑运算符连接各组关键词，完整的中文检索式为“(fMRI OR 脑成像) AND (群体 OR 群际 OR 内群体 OR 外群体) AND (共情 OR 移情 OR 同情) AND (偏见 OR 偏差)”，英文检索式为“(fMRI OR (functional MRI) OR (brain imaging)) AND (group OR intergroup OR ingroup OR outgroup) AND (empathy OR sympathy OR compassion) AND (prejudice OR bias)”。此外，对所有确定的研究进行正向和反向引文检索，以确保纳入所有相关研究。依据上述方法，共检索到 61 篇文献。

文献的纳入与排除标准如下：(1)研究类型：仅纳入实证研究，排除综述、元分析、会议摘要等非实证研究；(2)研究对象：研究中的被试为健康成年被试(年龄范围为 18～60 岁)，排除脑损伤患者和心理障碍患者等特殊群体；(3)研究手段：研究采用 fMRI 方法，排除使用脑电图(electroencephalograph, EEG)、脑磁图(magnetoencephalography, MEG)等其他方法的文献，以及研究目标为分析白质和灰质情况的弥散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI)和磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)研究；(4)数据分析：研究采用全脑分析，排除仅进行感兴趣区域分析的研究；(5)结果报告：研究使用标准化后的 Talairach 或 Montreal Neurological Institute (MNI)空间报告大脑激活结果，排除未报告内外群体对照条件下激活差异显著的脑区坐标的研究。具体的筛选过程与结果请见图 1，最后纳入 ALE 元分析的文献数量为 19 篇，涉及被试 583 人，坐标 141 个。

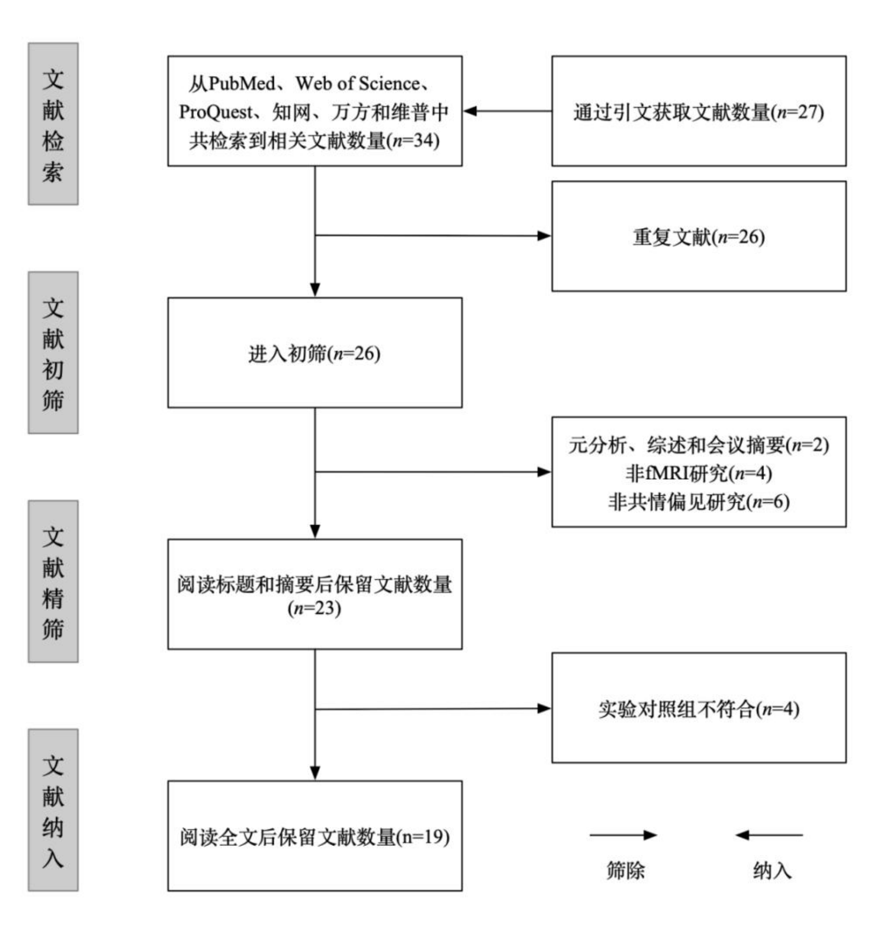


图 1 文献筛选流程图

2.2 文献编码及质量评估

对纳入元分析的文献进行如下数据编码：文献信息(第一作者姓名和发表时间)、样本量大小(总样本量及男性样本量)、年龄(平均年龄及标准差)、实验具体对照组和坐标空间(Talairach 或 MNI 标准空间)。具体而言，由第一作者在三个时间段(2023 年 8 月 5 日、2023 年 8 月 31 日、2024 年 1 月 31 日)依据文献纳入与排除标准进行编码，随后由其余作者对三次编码结果进行校对。结果显示，三次编码仅存在个别数据差异，一致性较高。纳入文献的基本信息请见表 1。本次元分析使用 Cochrane 风险偏倚评估工具，对 19 篇纳入文献从选择、实施、测量、数据完整性、报告和其他等 6 个方面共 7 个条目进行偏倚风险评估。对每个条目依据偏倚风险评估准则进行“低风险偏倚”“高风险偏倚”和“不清楚”的判定。判定结果显示，19 篇纳入文献在选择、实施、测量、数据完整性、报告和其他等 6 个方面均为低风险偏倚。

表 1 元分析文献基本信息(按作者首字母排序)

序号	第一作者 年份	样本量（男）	年龄 *M*±*SD*	坐标空间	实验对比	任务类型	提取坐标数
1	Azevedo et al., 2013	27(11)	23.9 (4.11)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	1
2	Berlingeri et al., 2016	25(12)	25.3 (4.8)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	2
3	Cao et al., 2015	30(12)	23.17 (1.8)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	1
4	Cao et al., 2019	29(13)	21.42(2.36)	MNI	疼痛共情：内群体>外群体	疼痛评分(外显)	5
5	Cheon et al., 2011	27(15)	23.08(4.35)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	16
6	Contreras-Huerta et al., 2013	20(8)	22.5 (1.06)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	5
7	Fourie et al., 2017	38(17)	40.79 (5.01)	Talairach	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	4
		38(17)	40.79 (5.01)	Talairach	情绪共情：内种族>外种族	共情评分(外显)	8
8	Fox et al., 2013	19(19)	22.0 (3.5)	Talairach	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	20
9	Hein et al., 2010	16(16)	29.8(1.6)	MNI	疼痛共情：内群体>外群体	疼痛评分(外显)	9
10	Hein et al., 2016	40(40)	22.7 (0.41)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	16
		40(40)	22.7 (0.41)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	15
11	Jie et al., 2022	38(19)	20.58(1.9)	MNI	疼痛共情：共情(内群体)>反共情(外群体)	疼痛评分(外显)	3
12	Li et al., 2015	16(12)	22.38 (2.7)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	3
		20(11)	23.15 (2.35)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	3
13	Luo et al., 2015	30(16)	20.2 (1.45)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	2
		30(16)	20.33 (1.65)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	2
14	Mathur et al., 2010	28(5)	23.7(0.8)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	12
15	Pluta et al., 2023	30(12)	23.7 (4.28)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛评分(外显)	1
16	Ruckmann et al., 2015	30(15)	24.5 (3.36)	MNI	疼痛共情：内群体>外群体	疼痛评分(外显)	7
17	Sheng et al., 2014	21(10)	22.0 (1.8)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	种族判断(内隐)	1
18	Wang et al., 2015	30(16)	22.6(2.4)	MNI	疼痛共情：内群体>外群体	疼痛判断(外显)	3
19	Xu et al., 2009	17(8)	23.0 (2.0)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	1
		16(8)	23.0 (2.0)	MNI	疼痛共情：内种族>外种族	疼痛判断(外显)	1
							共计 141

2.3 激活似然估计法

研究采用的元分析方法为激活似然性估计法(ALE)。该方法基于高斯概率密度分布模型，计算每个体素被包含在各激活峰值点所对应脑区的概率，并将“模型化激活图”(modeled activation map, MA)以体素为单位进行联合，从而得到每个体素跨实验的激活可能性(胡传鹏 等, 2015)。数据处理采用 GingerALE 软件(3.0.2 版本)进行(Eickhoff et al., 2009; Turkeltaub et al., 2012)。具体流程如下：利用软件内置的坐标转换功能将 MNI 空间坐标统一转换为 Talairach 标准空间系。随后对群际共情偏差相关脑区坐标进行元分析，在统计阈值为 $p < 0.05$ 的水平上使用家族错误率法(family-wise error rate, FWE)，在聚类阈值为 $p < 0.001$ 的水平上进行多重比较(5000 个排列)校正(Eickhoff et al., 2017)。根据方法学建议，ALE 元分析需纳入至少 17～20 项独立研究以保证统计功效(Eickhoff et al., 2016; Müller et al., 2018)。本次研究包含 19 篇文献，满足最低研究数量要求。

2.4 脑连通性元分析模型(MACM)

脑连通性元分析模型(MACM)的基本逻辑是：如果两个脑区在功能上具有相关性，那么它们更可能被同一任务激活。因此，通过计算不同脑区在神经成像实验报告中共同出现(co-occurrence)的概率，可以反映脑区间的功能连通性情况(胡传鹏 等, 2015)。本研究使用 Sleuth 软件(3.0.4 版本)结合 BrainMap 功能数据库(Functional Database, http://www.brainmap.org)进行文献筛选。该数据库中包含了 3406 篇文章、111 个范式分组、76016 个被试、16901 个实验和 131598 个坐标点(Fox & Lancaster, 2002; Laird et al., 2009)。文献筛选标准如下：在实验水平上，设置“context: normal mapping”和“activations: activation only”；在被试水平上，设置“diagnosis: normals”、“age is less than 60”和“age is more than 18”。结合 ALE 元分析结果，在“Locations”中输入坐标，可获得相关文献及其对应的脑区坐标，基于这些坐标得到共同激活区的 ALE 分析结果。

2.5 Neurosynth 工具

Neurosynth 是一个包含超过 14000 个功能神经影像研究的在线元分析工具数据库，该数据库将脑激活模式和峰值信号坐标与相关关键词进行配对(Yarkoni et al., 2011; https://neurosynth.org)。我们将通过 MACM 获得的共同激活区结果上传到 Neurosynth 平台，经过功能解码后获得与上传的共同激活区对应的关键词。每个关键词都具有一个相关分数，用于表示与共同激活区的相关程度，这有助于研究者理解此类脑区的功能特征。

3 结果

3.1 ALE 元分析结果

表 2 展示了 ALE 的元分析结果及相关激活簇的详细信息，图 2 呈现了相关激活簇的分布情况(使用 Mango 4.1 呈现)。通过对纳入的 19 篇文献(583 名被试)的群际共情偏差相关坐标进行整合分析，发现 2 个具有显著性的激活簇。其中，最大激活簇位于左侧前脑岛(left AI, lAI)附近(中心坐标: x = −32.7, y = 12.9, z = 3)，伴有 3 个峰值(峰值 1: x = −28, y = 16, z = 2; 峰值 2: x = −38, y = 14, z = 8; 峰值 3: x = −32, y = 10, z = −6)。该激活簇由 55.3%的屏状核、34.2%的脑岛、5.3%豆状核和 5.3%的中央前回组成。另一个激活簇位于内侧前额皮层(mPFC)

区域(中心坐标: x = −2.1, y = 27.9, z = 45.3)，伴有 2 个峰值(峰值 1: x = −2, y = 30, z = 44; 峰值 2: x = 0, y = 20, z = 52)。该激活簇由 52.9%的额内侧回，47.1%的额上回组成。

表 2　ALE 元分析激活簇结果

激活簇	脑区	半球	BA 区	中心坐标(Talairach)			体积	ALE 值
				x	y	z	(mm³)	(×10⁻²)
1	屏状核、脑岛、豆状核、中央前回	左	13、44	−32.7	12.9	3	1192	1.76
2	额内侧回、额上回	左、右	8、6	−2.1	27.9	45.3	696	1.75

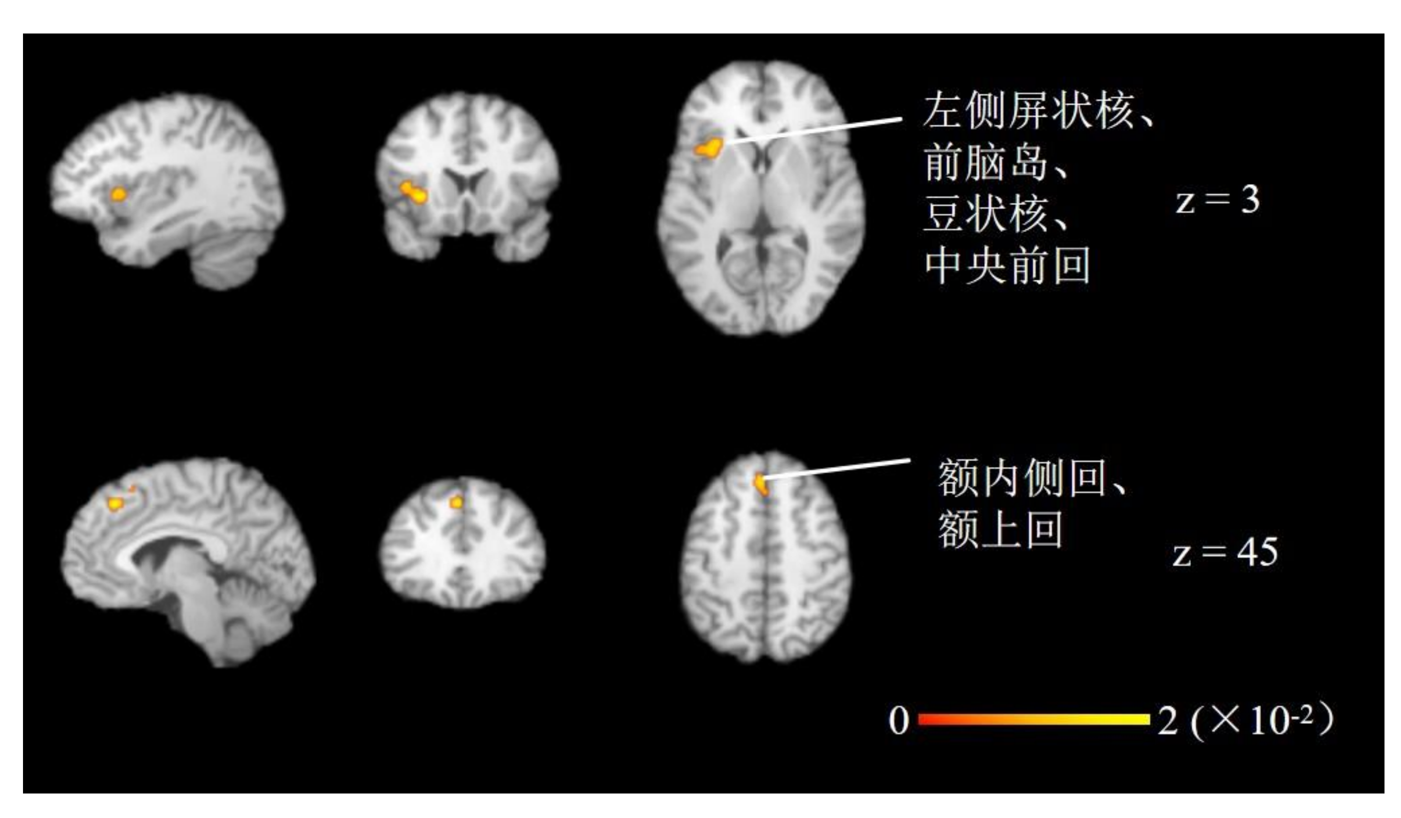


图 2　ALE 元分析结果成像图

（注：图中黄色标注的脑区达到了显著激活水平。第一行为激活簇 1，涵盖大脑左半球的屏状核、前脑岛、豆状核、中央前回；第二行为激活簇 2，涵盖大脑左右半球的额内侧回、额上回。)

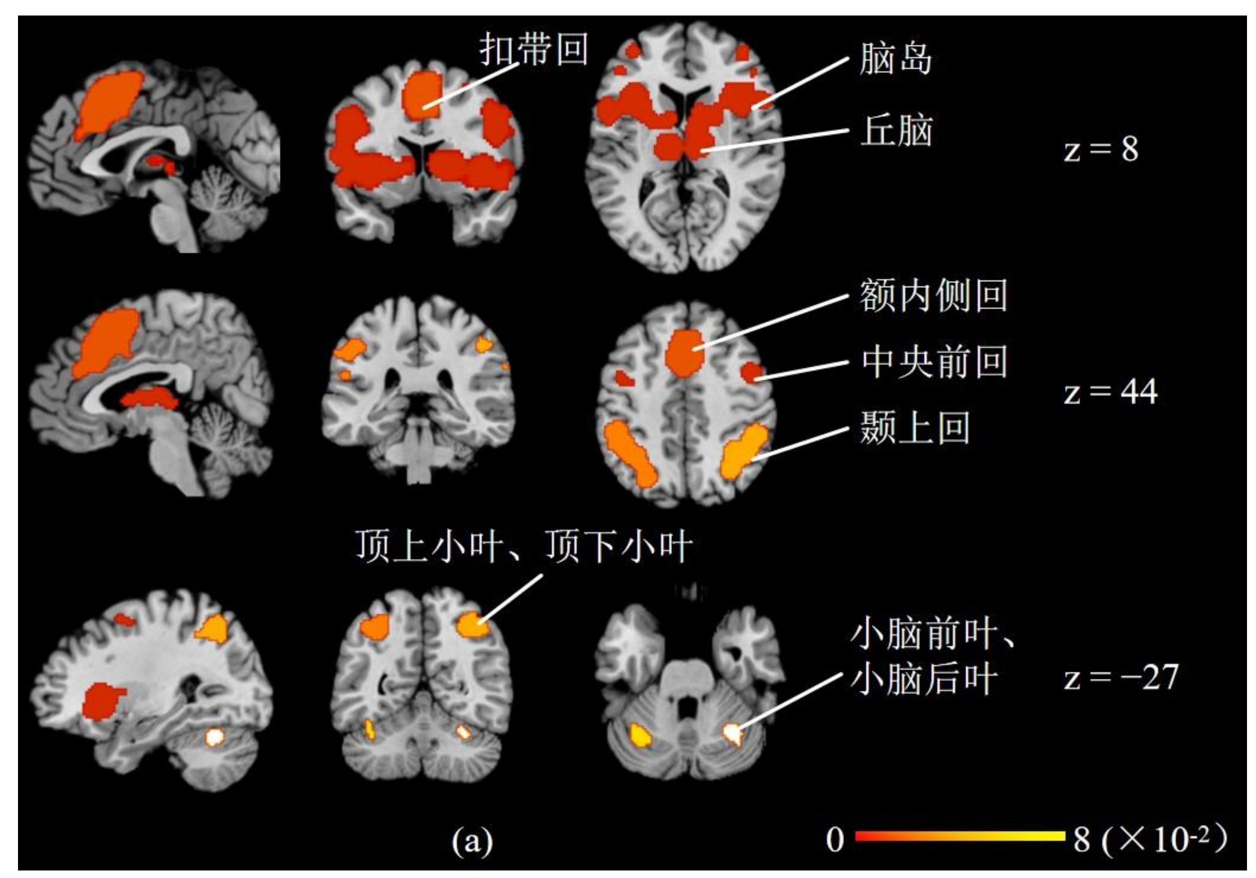
3.2 MACM 分析结果

我们将激活簇 1 与激活簇 2 的中心坐标及空间范围作为感兴趣区域参数(Region of Interest Width, ROI Width)，纳入 MACM 的文献筛选标准。对应激活簇 1 筛选出 155 篇文献，涉及 196 项实验、2520 名被试及 3364 个坐标；对应激活簇 2 筛选出 9 篇文献，涉及 12 项实验、132 名被试及 255 个坐标。通过 ALE 元分析获得两组共同激活区域(表 3、图 3)。具体分布如下：激活簇 1 所在的功能网络中，最大激活簇呈现双侧分布特征(52.3% 位于右脑，47.7% 位于左脑)，主要涵盖丘脑(20.8%)、豆状核(17.9%)、额中回(12.5%)、 中央前回(12.5%)、脑

岛(12.1%)、额下回(10.6%)、尾状核(6.4%)、屏状核(4.6%)及额上回(1.3%)；激活簇 2 所在功能网络中，最大激活簇 58.1% 位于左脑，且全部集中分布于前扣带回。

表 3　MACM 分析结果具体信息

群际共情偏差	共同激活区域		半球	BA 区	中心坐标(MNI)			体积	ALE 值
激活簇	激活簇	脑区			x	y	z	(mm^3)	($\times10^{-2}$)
1	1-1	丘脑、豆状核、额中回、中央前回、脑岛、额下回、尾状核、屏状核、额上回	左、右	6、13、9、44、47、10、46、45、22	–1.6	14.1	8.4	84792	45.62
	1-2	扣带回、额内侧回、额上回	左、右	6、32、24、8	1.2	17.3	44.5	22416	12.75
	1-3	顶下小叶、楔前叶、顶上小叶、缘上回、脑岛	左	40、7、19、13、39	–38	–50.6	45.3	11648	8.41
	1-4	顶下小叶、顶上小叶、楔前叶、缘上回、颞上回	右	40、7、13、19、39	41.1	–51.1	45.1	10448	8.14
	1-5	小脑前叶、小脑后叶	左		–32.9	–63.5	–27	1792	6.44
	1-6	小脑前叶、小脑后叶	右		31.2	–62	–27.2	1520	6.08
2	2-1	前扣带回	左、右	24、32	–0.4	33.9	–0.6	4464	4.05
	2-2	脑岛、屏状核	左	13	–36.1	8.8	5.3	1072	1.46



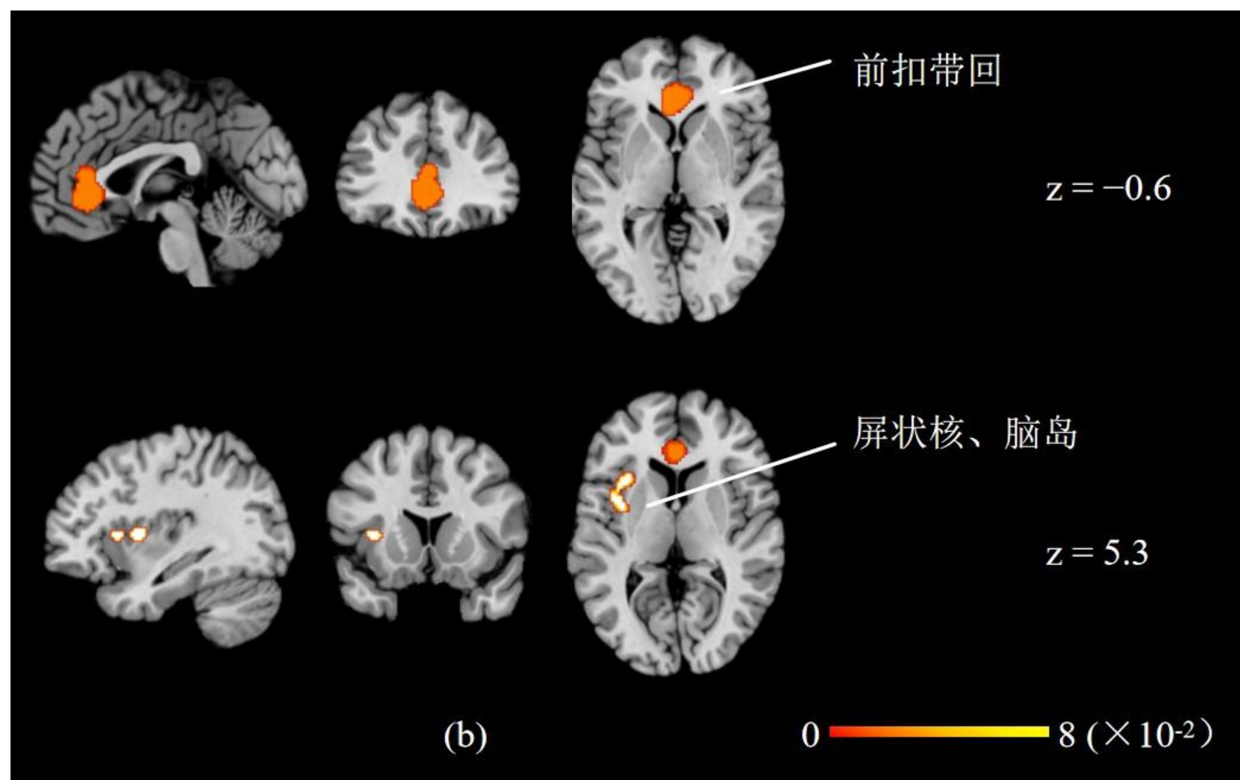


图 3 MACM 分析结果成像图

(注：图 3 为 MACM 分析结果图，反映群际共情偏差任务中脑区间的功能连通性情况。a 图为激活簇 1 所在的脑功能网络，涵盖丘脑、豆状核、尾状核、屏状核、中央前回、脑岛、额中回、额下回、额上回、顶下小叶、顶上小叶、楔前叶和小脑；b 图为激活簇 2 所在脑功能网络，涵盖前扣带回、脑岛和屏状核)

3.3 Neurosynth 分析结果

利用 Neurosynth 工具(https://neurosynth.org)分别对两组共同激活区域进行功能解码，并剔除如“前扣带回”等解剖学术语。解码结果显示，激活簇 1 的脑功能网络主要与任务加工和语义加工相关，其关键词包括“任务”“工作记忆”“负荷”等与任务加工相关词语，以及“单词”“语言”“音韵学的”等与语义加工相关词语。激活簇 2 的脑功能网络则与评价、奖赏及心理疾病相关，其关键词包括“有害的”“价值”“奖励”“钱”“期待”等评价和奖励相关词语，以及“创伤后应激障碍(Post-Traumatic Stress Disorder, PTSD)”这一心理疾病相关词语(见表 4，图 4)。此外，两组脑功能网络同时涉及“获得”“情绪”“疼痛的”等关键词。

表 4　Neurosynth 分析结果

激活簇 1 所在脑功能网络关键词	相关性	激活簇 2 所在脑功能网络关键词	相关性
任务(Task)	0.4	疼痛(Pain)	0.235
获得(Gain)	0.332	获得(Gain)	0.189
工作记忆(Working Memory)	0.309	奖励(Reward)	0.172
需求(Demands)	0.239	有害的(Noxious)	0.139
音韵学的(phonological)	0.247	价值(Value)	0.137
情绪(Mood)	0.226	情绪(Mood)	0.135
负荷(Load)	0.22	创伤后应激障碍(PTSD)	0.132
疼痛的(Painful)	0.123	钱(Money)	0.123
单词(Word)	0.122	情感的(Affective)	0.122
语言(Language)	0.122	期待(Anticipation)	0.122

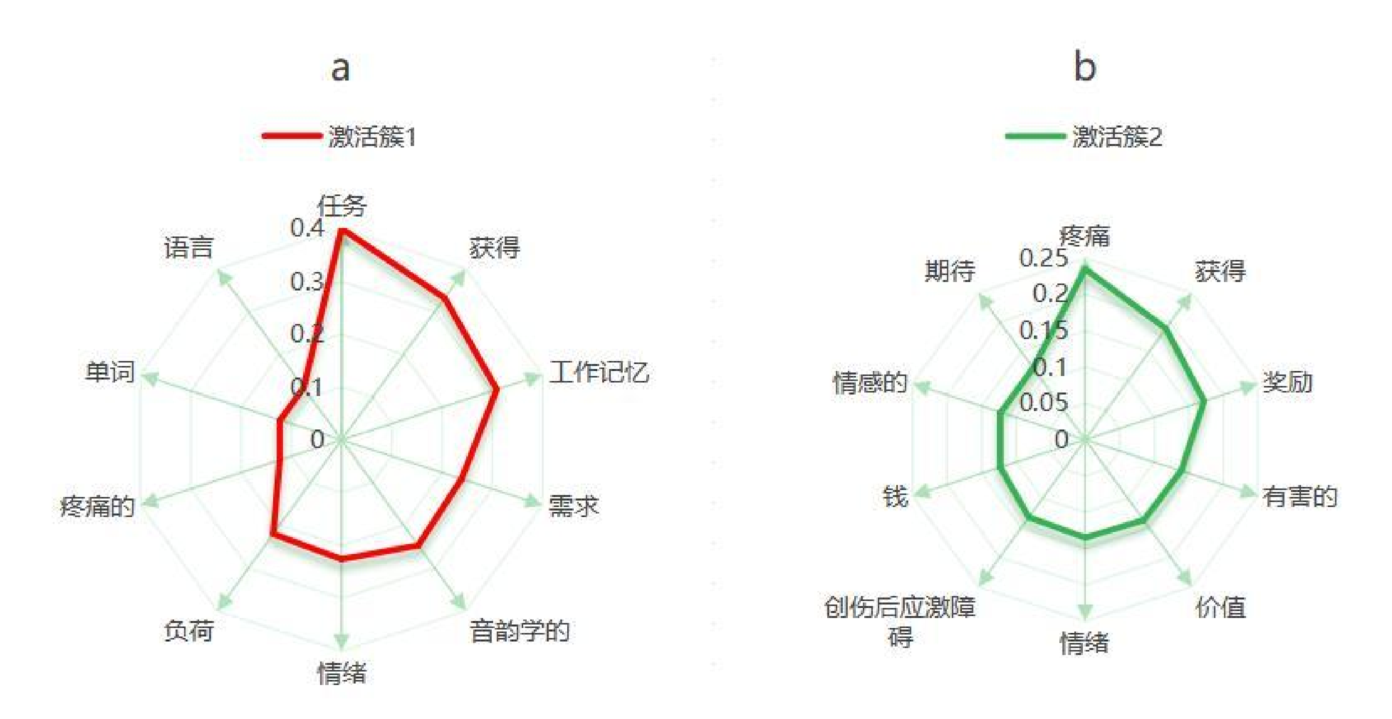


图 4 Neurosynth 分析结果雷达图

(注：图 4 为 Neurosynth 分析结果按相关性系数大小展示的雷达图。a 图为激活簇 1 所在功能网络对应的关键词及其相关性大小；b 图为激活簇 2 所在功能网络对应的关键词及其相关性大小。)

此外，我们利用 Neurosynth 在线分析工具，获取了与中央执行网络(central executive network, CEN)，亦称执行控制网络(executive control network, ECN)相关的脑成像图。将该网络脑成像图与本次群际共情偏差的脑功能网络进行空间叠加，对比结果由图 5 所示。

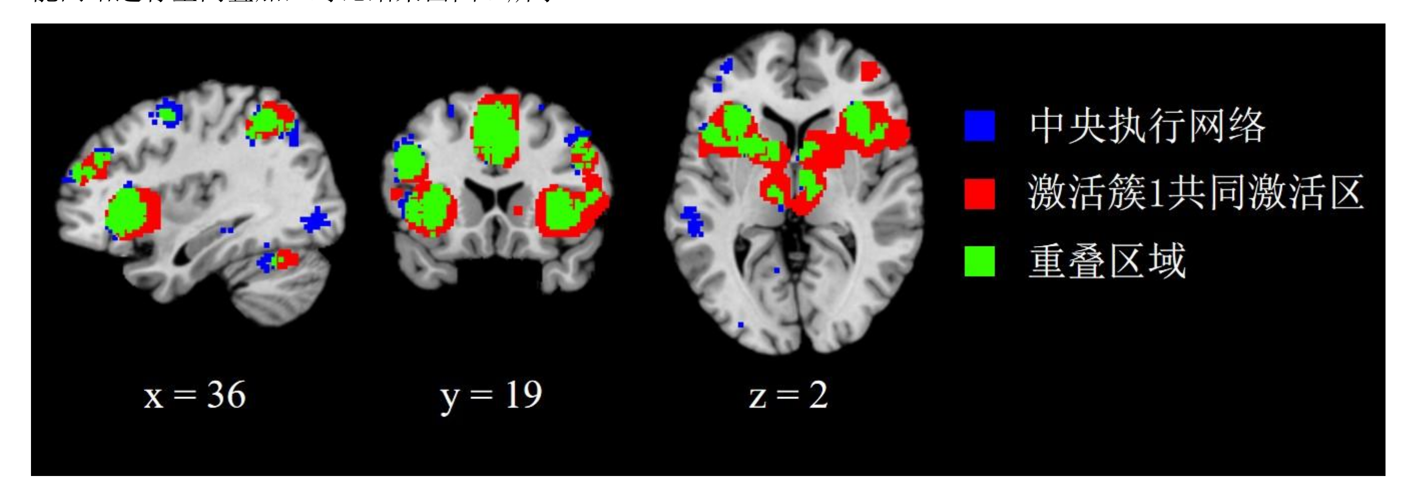


图 5 群际共情偏差的脑功能网络与中央执行网络(CEN)基于 Neurosynth 分析结果对照图

3.4 探索性亚组分析结果

在共情类型(疼痛、情绪)这一维度上，由于情绪共情的文献数量较少(仅有一篇文献的一项实验涉及该任务)，不足以进行亚组分析。因此，本研究在剔除情绪共情任务后，对疼痛共情进行了单独的亚组分析。结果显示，来自 19 篇文献的 547 名被试在疼痛共情偏差活动中呈现两个激活簇：最大激活簇位于左侧前脑岛(lAI)附近(中心坐标: x = −30.6, y = 12.9, z = 1.5)，伴有 2 个峰值(峰值 1: x = −28, y = 16, z = 2; 峰值 2: x = −32, y = 10, z = −6)，由 87.5%的屏状核、8.3%的豆状核和 4.2%的脑岛组成；另一个激活簇位于内侧前额皮层(mPFC)区域(中心坐标: x = −1.9, y = 27.8, z = 45.5)，伴有 2 个峰值(峰值 1: x = −2, y = 30, z = 44; 峰值 2: x = 0, y = 20, z = 52)，由 50.8%的额内侧回和 49.2%的额上回组成。

其次，基于内外群体划分依据(种族、其他)，本研究进行了探索性亚组分析。结果显示，在以种族划分内外群体的共情偏差活动中，19 项实验的 434 名被试呈现两个激活簇：最大激活簇位于左侧前脑岛(lAI)附近(中心坐标: x = −30, y = 13.2, z = 1.1)，伴有 3 个峰值(峰值 1: x = −28, y = 16, z = 2; 峰值 2: x = −32, y = 10, z = −6; 峰值 3: x = −26, y = 16, z = −6)，由 89.3%的屏状核、7.1%的豆状核和 3.6%的脑岛组成；另一个激活簇位于内侧前额皮层(mPFC)区域(中心坐标: x = −2, y = 29, z = 44)，伴有 1 个峰值(峰值 1: x = −2, y = 30, z = 44)，由 62.7%的额内侧回和 37.3%的额上回组成。然而，在以其他依据划分内外群体的共情偏差活动中(共 5 项实验，130 名被试)，未发现显著的共同激活区域。

再次，基于共情任务(内隐、外显)进行了探索性亚组分析，由于内隐研究仅有一项[文章序号 17，Sheng 等人(2014)]，不足以进行亚组分析。因此，本研究在剔除内隐研究后，对外显共情研究进行了单独的亚组分析。

结果显示，来自 18 篇文献的 526 名被试在外显研究中呈现一个激活簇(中心坐标: x = −32.7, y = 12.9, z = 3)，伴有 3 个峰值(峰值 1: x = −28, y = 16, z = 2; 峰值 2: x = −38, y = 14, z = 8; 峰值 3: x = −32, y = 10, z = −6)，由 55.3%的屏状核、34.2%的脑岛、5.3%的豆状核和 5.3%的中央前回组成。

最后，本研究还对外显任务的具体类型(评分、判断)作进一步探索分析。其中，来自 13 篇文献的 358 名被试在外显评分任务中呈现 1 个激活簇(中心坐标: x = −34.6, y = 11.7, z = 3.7)，伴有 3 个峰值(峰值 1: x = −38, y = 14, z = 8; 峰值 2: x = −32, y = 10, z = 2; 峰值 3: x = −32, y = 10, z = −6)，由 53.3%的脑岛、40%的屏状核和 6.7%的中央前回组成。来自 7 篇文献的 204 名被试在外显判断任务中呈现一个激活簇(中心坐标: x = −1.8, y = 26.9, z = 44.2)，伴有 1 个峰值(峰值: x = −2, y = 28, z = 44)，由 65.4%的额内侧回、32.7%的额上回和 1.9%的扣带回皮层组成。联合分析结果未发现显著激活簇。差异分析结果表明，评分任务与判断任务的对比未发现显著激活簇，而判断任务与评分任务的对比则发现了一个位于额内侧回、额上回和扣带回皮层的激活簇(中心坐标: x = −3, y = 22.5, z = 45.4)。

4 讨论

本研究筛选了 19 篇 fMRI 文献，系统探究了群际共情偏差发生时涉及的显著一致性脑区及脑功能网络。首先，通过 ALE 元分析对群际共情偏差的具体脑区进行了定位，结果显示相关激活簇主要位于左侧前脑岛(lAI)和内侧前额皮层(mPFC)附近。其次，结合 MACM 分析，分别获得与激活簇 1(左侧前脑岛附近)和激活簇 2(内侧前额皮层)共同激活的脑区，从而构建了群际共情偏差条件下的脑功能网络。此外，利用 Neurosynth 进行功能解码，进一步揭示了群际共情偏差脑功能网络的功能含义，并将其与中央执行网络进行比对，结果显示二者在空间分布上存在一定程度的重叠。最后，本研究基于内外群体划分依据(种族、其他)、共情类型(疼痛、情绪)、共情任务(内隐、外显)和外显任务的具体类型(评分、判断)进行了亚组分析。

4.1 群际共情偏差的显著一致性脑区

研究发现，群际共情偏差的显著一致性脑区涉及两个激活簇。其中，激活簇 1 位于左侧前脑岛(lAI)及其附近区域。该激活簇的神经活动表现为，感知者在共情外群体成员时神经活动显著减弱(Cikara et al., 2011; Cikara & Van Bavel, 2014; Han, 2018; Jackson et al., 2006; Sheng et al., 2014; Xu et al., 2009)。此外，激活簇 1 表现出明显的大脑偏侧化特点：相较于大脑左侧，对应的右侧前脑岛区域在内外群体共情过程中未出现显著的神经活动变化。究其原因，以往研究表明，左侧前脑岛(lAI)主要在情绪相关加工任务中发挥作用(Raschle et al., 2018; Smith et al., 2017; Wang et al., 2020)；而右侧前脑岛(right anterior insula, rAI)则在调控个体注意力、调节默认模式网络(default mode network, DMN)和中央执行网络(central-executive network, CEN)的功能切换中起到关键作用(Perri et al., 2018; Sridharan et al., 2008; Wen et al., 2013)。由此推测，这种偏侧化效应可能是由于激活簇 1 的情绪加工过程受到内外群体类别的显著影响，而右侧区域的注意力调控和网络切换功能未受到显著影响。

另一组激活簇 2 位于内侧前额皮层(mPFC)。该激活簇的神经活动表现为，感知者在共情外群体成员时神经活动显著减弱(Masten et al., 2011; Mathur et al., 2010; Mitchell, 2009)。内侧前额皮层(mPFC)在负面情绪调节中扮演着多重角色，既涉及情绪的评估和表达，也通过与边缘结构的相互作用进行情绪调节(Banks et al., 2007; Ochsner et al., 2004; Phan et al., 2005)。例如，内侧前额皮层(mPFC)能够调节个体因观察或体验疼痛而产生的负面情绪。Cheriyan 和 Sheets(2018)发现，慢性疼痛小鼠的内侧前额皮层(mPFC)神经元活动增加，并通过中脑导水管周围灰质(periaqueductal grey, PAG)来调节内源性镇痛。因此，在群际共情活动中，当目标为内群体成员时，个体产生的负面情绪程度越高，激活簇 2 的调节作用越显著，其神经激活程度越强。

开展的探索性亚组分析结果表明，内外群体疼痛共情偏差组和内外种族群体共情偏差组的激活簇分别与分组前的整体激活簇保持一致，外显任务的激活簇与整体激活簇 1 具有一致性。值得注意的是，基于外显共情任务的具体类型(评分、判断)进行的亚组分析结果显示，评分任务和判断任务分别对应的激活簇在空间分布上与激活簇 1(左侧前脑岛附近)和激活簇 2(内侧前额皮层)高度吻合。这一结果表明，不同任务类型可能诱发特异性神经激活模式：评分任务更侧重于对他人情绪状态的主观体验和情感共鸣，因此显著激活了与情绪加工密切相关的左侧前脑岛(lAI)；而判断任务则更强调对情绪类别的认知评估，因而主要激活与认知控制及决策相关的脑区，如内侧前额皮层(mPFC)。需要指出的是，本次亚组分析存在一定的局限性：由于各亚组所纳入的研究数量相对有限，因此，结果的可靠性仍需后续更多实证研究做进一步验证。

尽管一致性脑区的发现可初步明确群际共情偏差的关键脑区，但对于其功能特征的深入解读应当结合其所在的脑功能网络做进一步分析。对此，MACM 与 Neurosynth 工具可以对群际共情偏差脑功能网络提供更为全面的分析解读。

4.2 群际共情偏差的脑功能网络

MACM 分析结果表明，在群际共情偏差的神经机制中，激活簇 1(左侧前脑岛附近)和激活簇 2(内侧前额皮层附近)与多个脑区存在显著功能连通。这一发现表明这些区域可能构成一个协同运作的神经功能网络，为实现群际共情偏差的认知加工提供了优化的神经连通模式。基于 Neurosynth 功能解码结果，该网络的功能可系统归纳为以下三方面：

首先，基于“工作记忆”“任务”“负荷”“音韵学”“单词”“语言”等关键词，提示该网络具备认知控制功能。其功能特征与中央执行网络(CEN)高度相似，后者通过背外侧前额皮层(dorsolateral prefrontal cortex, dlPFC)、前扣带回(ACC)和顶叶皮层的协同作用，调控注意力资源分配、工作记忆维持和认知灵活性等高级认知功能(Niendam et al., 2012; Seeley et al., 2007)。通过将 Neurosynth 生成的中央执行网络脑图与本研究脑网络进行空间叠加(由图 5 所示)，发现二者在背外侧前额皮层(dlPFC)和前扣带回(ACC)等关键节点存在空间重叠。这表明群际共情偏差脑网络可能通过调节注意资源分配、强化负性记忆提取等机制，实现对外群体共情行为的认知抑制。

其次，关键词“疼痛”“情绪”“PTSD”“情感”提示该网络参与情绪信息加工。从神经解剖学角度看，该网络与 Liberman 等人(2019)提出的共情情感网络具有结构相似性，后者涵盖内侧前额皮层、镜像神经元系统(包括颞顶联合皮层、后颞叶皮层)、腹侧前扣带皮层(ventral anterior cingulate cortex, vACC)及杏仁核等脑区。从神经功能角度看，该网络的功能特征又与眶额情感网络(Orbito-Affective network, ORA network)类似：Ji 等人 (2019) 指出，眶额情感网络通过眶额皮层、腹内侧前额叶皮层(ventromedial prefrontal cortex, vmPFC)和前扣带回实现情绪效价评估。综合上述对比，群际共情偏差的脑网络可能通过降低情绪识别效率(腹侧前扣带回皮层激活不足)和抑制情绪感染强度(镜像系统功能减弱)等途径，削弱对外群体成员的共情反应。

最后，关键词“获得”“需求”“奖励”“价值”“钱”“期待”提示该网络参与预期奖励和价值评估。在群际共情过程中，个体会对共情成本和预期奖励进行权衡(Cameron, 2018)。相较于外群体成员，对内群体成员的共情往往能带来更高的社会收益：内群体成员作为重要的社会资源，与其互动会更频繁、更重要且更有可能带来益处(Correll & Park, 2005)。这种行为偏好背后存在相应的神经机制：研究表明内侧前额皮层(mPFC)在奖赏预期加工及决策加工中具有重要作用(Floresco et al., 2015; Jenni et al., 2017; Starkweather et al., 2018)。该脑区编码与整合奖励价值(reward value)等信息(Robbins & Dalley, 2017; 卓利楠 等, 2023)，同时与隔区(septal area)协同作用于亲社会动机的形成(Masten et al., 2011; Morelli et al., 2014; Rameson et al., 2012)。基于此类神经机制，当出现群际共情偏差时，个体对内群体成员表现出更高的共情倾向。

5 不足与展望

首先，本次元分析纳入 19 篇文献，所有文献均涉及生理性疼痛共情，仅有一篇文献对比分析了生理性疼痛共情与情绪共情在内外群体维度上的神经活动差异。疼痛共情文献的数量优势或许会对元分析结果造成一定的影响：当前 ALE 元分析结果存在向疼痛共情的一致性脑区收敛的风险。而且，无论是疼痛共情还是纳入本次元分析的情绪共情，均属于消极情感共情(negative empathy)。相比之下，积极情感共情(positive empathy)，即个体对他人积极情绪状态的理解和感受的过程(岳童, 黄希庭, 2016)，其神经机制的研究明显不足。造成研究失衡的原因可能源于人类对消极情绪线索的加工优势及其生存适应性意义，导致学界长期聚焦于消极情感共情的神经机制。此外，现有共情研究多采用社会排斥(social exclusion)和疼痛共情(pain empathy)等实验设计，这些设计本质上属于消极情感研究范畴，已形成方法学路径依赖。基于当前元分析仅涵盖消极情感共情研究，因此在阐释群际共情偏差的脑激活模式时，需谨慎考虑效价维度对结果的潜在影响。未来研究应当多关注情绪共情以及积极情感共情的神经机制，开发相关的实验范式，以便更全面地理解群际共情偏差神经机制的普遍规律。

其次，ALE 元分析主要依赖于已发表的研究中报告的显著激活坐标，而未纳入统计学上不显著的研究数据，这使其结果可能受到发表偏倚(publication bias)的影响。由于传统的基于效应量的发表偏倚评估方式不适用于坐标数据，ALE 方法通过采用严格的多重比较方法进行校正，如错误发现率法(false discovery rate,

FDR)(Laird et al., 2005)和家族错误率法(family-wise error rate, FWE) (Eickhoff et al., 2012)。这些方法确保在元分析的多个实验中，此体素稳定地被激活(胡传鹏 等, 2015)。需要注意的是，本文虽然使用了 ALE 算法的最新修订版，增强了元分析结果的可靠性，但鉴于 ALE 元分析使用已发表文献的脑区激活坐标作为分析数据，因此在解读 ALE 元分析结果时应考虑可能存在的发表偏倚问题。此外，基于 MACM 挖掘关键脑区的功能连通区的方法在神经科学领域中被广泛应用，但这种关联并不直接等同于因果关系，不足以完全证明这些网络直接参与了群际共情偏差的产生。基于这一点，在未来的研究中研究者需要采取更具针对性的实验任务和技术，比如应用经颅磁刺激技术(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)对关键脑区进行定向调控，以验证这些脑区是否直接参与到群际共情偏差活动中。

最后，本研究揭示了群际共情偏差的显著一致性脑区，发现左侧前脑岛(lAI)和内侧前额皮层(mPFC)在共情内外群体成员时表现出显著的激活差异。基于这两个脑区的功能特征，未来研究可开展针对性的干预训练。具体而言，左侧前脑岛(lAI)作为情绪处理的关键脑区，在共情外群体成员时神经活动显著降低。未来研究可通过设计情绪评估训练(如面部表情评估)和模拟情绪体验(如虚拟情境代入)等任务，增强个体对外群体成员的情绪感知能力。内侧前额皮层(mPFC)作为参与认知控制和决策的重要脑区，在共情外群体成员时同样表现出神经活动减弱。未来研究可通过认知重评训练和情绪调节策略(如正念冥想)，提升个体对外群体情绪状态的认知加工效率。对于在群际共情任务中呈现显著偏差且对外群体共情水平处于极端低值的特殊群体，可尝试设置需要对外群体进行共情的情境，施加经颅磁刺激(TMS)等神经调控手段，靶向性增强该类人员的左侧前脑岛(lAI)与内侧前额皮层(mPFC)的神经活动，进而增强其对外群体的共情能力。另外，本研究首次发现群际共情偏差的脑功能网络与中央执行网络存在一定程度的重叠，这表明个体自上而下的调控机制在共情偏差活动中发挥重要作用。据此建议，通过注意力训练，可以帮助个体更公平地分配注意力资源；同时，引导个体主动提取与外群体成员相关的积极记忆，促进个体更主动地共情外群体成员，从而全面提升对外群体的共情能力。还有，由于群际共情偏差现象在人生发展中出现较早——3 至 12 岁的儿童既已表现出对内群体成员更强的共情(Tompkins et al., 2023)，鉴于儿童的心理行为可塑性更强，在儿童期即对其不当的群际共情偏差现象予以干预，效果会更好。早期干预需要家庭、学校和社会多方面的配合，培养儿童的共情能力，帮助儿童了解不同文化背景的群体特点，开展群际交流合作，媒体多呈现群际间正面互动。与此同时，持续评估上述干预措施的有效性，并根据实践反馈进行调整和优化。从多个层面着手，以期有效地减少个体早期的群际共情偏差，促进社会的和谐与进步、有效地弥合社会分歧、创建更加包容和多元的社会环境。

致谢：衷心感谢南京师范大学心理学院胡传鹏教授、河北师范大学教育学院张亚利教授在本文修改过程中提出的建设性建议！感谢评审专家和编委对本文的修改完善提出的宝贵建议！

参考文献

*表示元分析用到的文献。

胡传鹏, 邸新, 李佳蔚, 隋洁, 彭凯平. (2015). 神经成像数据的元分析. *心理科学进展, 23*(7), 1118–1129.

岳童，黄希庭. (2016). 认知神经研究中的积极共情. *心理科学进展, 24*(3), 402–409.

卓利楠，曾祥玉，吴冰，牛荣荣，于萍，王玮文. (2023). 内侧前额皮层−伏隔核环路在决策冲动中的作用：基于动物模型的研究. *心理学报, 55*(4), 556–571

*Azevedo, R. T., Macaluso, E., Avenanti, A., Santangelo, V., Cazzato, V., & Aglioti, S. M. (2013). Their pain is not our pain: Brain and autonomic correlates of empathic resonance with the pain of same and different race individuals. *Human Brain Mapping, 34*(12), 3168–3181.

Banks, S., Eddy, K., Angstadt, M., Nathan, P., & Phan, K. (2007). Amygdala-frontal connectivity during emotion regulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 24,* 303–12 .

*Berlingeri, M., Gallucci, M., Danelli, L., Forgiarini, M., Sberna, M., & Paulesu, E. (2016). Guess who’ s coming to dinner: Brain signatures of racially biased and politically correct behaviors. *Neuroscience, 332,* 231–241.

Bullmore, E., & Sporns, O. (2009). Complex brain networks: Graph theoretical analysis of structural and functional systems. *Nature Reviews Neuroscience, 10*(3), 186–198.

Cameron, C. D. (2018). Motivating empathy: Three methodological recommendations for mapping empathy. *Social and Personality Psychology Compass, 12*(11), e12418.

*Cao, Y., Contreras-Huerta, L. S., McFadyen, J., & Cunnington, R. (2015). Racial bias in neural response to others' pain is reduced with other-race contact. *Cortex, 70,* 68–78.

*Cao, Y., Yusri, N. M., Powell, T., & Cunnington, R. (2019). Neural and behavioral markers of observed pain of older adults. *Neuropsychologia, 131,* 84–90.

Caspar, E. A., Pech, G. P., Gishoma, D., & Kanazayire, C. (2023). On the impact of the genocide on the intergroup empathy bias between former perpetrators, survivors, and their children in Rwanda. *American Psychologist, 78*(7), 825–841.

Cikara, M., Bruneau, E. G., & Saxe, R. R. (2011). Us and them: Intergroup failures of empathy. *Current Directions in Psychological Science, 20*(3), 149–153.

Cikara, M., Bruneau, E., Van Bavel, J. J., & Saxe, R. (2014). Their pain gives us pleasure: How intergroup dynamics shape empathic failures and counter-empathic responses. *Journal of Experimental Social Psychology, 55,* 110–125.

Cikara, M., & Van Bavel, J. J. (2014). The neuroscience of intergroup relations: An integrative review. *Perspectives on Psychological Science, 9*(3), 245–274.

Cheriyan, J., & Sheets, P. (2018). Altered excitability and local connectivity of mPFC-PAG neurons in a mouse model of neuropathic pain. *The Journal of Neuroscience, 38,* 4829–4839.

*Cheon, B. K., Im, D. M., Harada, T., Kim, J. S., Mathur, V. A., Scimeca, J. M., ... & Chiao, J. Y. (2011). Cultural influences on neural basis of intergroup empathy. *NeuroImage, 57*(2), 642–650.

*Contreras-Huerta, L. S., Baker, K. S., Reynolds, K. J., Batalha, L., & Cunnington, R. (2013). Racial bias in neural empathic responses to pain. *PloS One, 8*(12), e84001.

Correll, J., & Park, B. (2005). A model of the ingroup as a social resource. *Personality and Social Psychology Review, 9*(4), 341–359.

Cox, C., Uddin, L., Martino, A., Castellanos, F., Milham, M., & Kelly, C. (2012). The balance between feeling and knowing: Affective and cognitive empathy are reflected in the brain's intrinsic functional dynamics.. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 76,* 727–737 .

Decety, J. (2011). Dissecting the neural mechanisms mediating empathy. *Emotion Review, 3*(1), 92–108.

Decety, J. (2015). The neural pathways, development and functions of empathy. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 3,* 1–6.

Drwecki, B. B., Moore, C. F., Ward, S. E., & Prkachin, K. M. (2011). Reducing racial disparities in pain treatment: The role of empathy and perspective-taking. *Pain, 152*(5), 1001–1006.

Eickhoff, S. B., Bzdok, D., Laird, A. R., Kurth, F., & Fox, P. T. (2012). Activation likelihood estimation meta-analysis revisited.

NeuroImage, 59(3), 2349–2361.

Efferson, C., Lalive, R., & Fehr, E. (2008). The coevolution of cultural groups and ingroup favoritism. *Science, 321,* 1844–1849.

Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Fox, P. M., Lancaster, J. L., & Fox, P. T. (2017). Implementation errors in the GingerALE software: Description and recommendations. *Human Brain Mapping, 38*(1), 7–11.

Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Grefkes, C., Wang, L. E., Zilles, K., & Fox, P. T. (2009). Coordinate-based activation likelihood estimation metaanalysis of neuroimaging data: A randomeffects approach based on empirical estimates of spatial uncertainty. *Human Brain Mapping, 30*(9), 2907–2926.

Eickhoff, S. B., Nichols, T. E., Laird, A. R., Hoffstaedter, F., Amunts, K., Fox, P. T., ... & Eickhoff, C. R. (2016). Behavior, sensitivity, and power of activation likelihood estimation characterized by massive empirical simulation. *NeuroImage, 137,* 70–85.

FeldmanHall, O., Dalgleish, T., Evans, D., & Mobbs, D. (2015). Empathic concern drives costly altruism. *NeuroImage, 105,* 347–356.

Floresco, S. B. (2015). The nucleus accumbens: An interface between cognition, emotion, and action. *Annual Review Psychology, 66,* 25–52.

*Fourie, M. M., Stein, D. J., Solms, M., Gobodo-Madikizela, P., & Decety, J. (2017). Empathy and moral emotions in post-apartheid South Africa: an fMRI investigation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 12*(6), 881–892.

*Fox, G. R., Sobhani, M., & Aziz-Zadeh, L. (2013). Witnessing hateful people in pain modulates brain activity in regions associated with physical pain and reward. *Frontiers in Psychology, 4,* 772.

Fox, P. T., & Lancaster, J. L. (2002). Mapping context and content: The BrainMap model. *Nature Reviews Neuroscience, 3*(4), 319–321.

Genevsky, A., & Knutson, B. (2015). Neural affective mechanisms predict market-level microlending. *Psychological Science, 26*(9), 1411–1422.

Gu, X., Hof, P. R., Friston, K. J., & Fan, J. (2013). Anterior insular cortex and emotional awareness. *Journal of Comparative Neurology, 521*(15), 3371–3388.

Gutsell, J., & Inzlicht, M. (2012). Intergroup differences in the sharing of emotive states: neural evidence of an empathy gap. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 75,* 596–603 .

Han, S. (2018). Neurocognitive basis of racial ingroup bias in empathy. *Trends in Cognitive Sciences, 22*(5), 400–421.

*Hein, G., Engelmann, J. B., Vollberg, M. C., & Tobler, P. N. (2016). How learning shapes the empathic brain. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 113*(1), 80–85.

*Hein, G., Silani, G., Preuschoff, K., Batson, C. D., & Singer, T. (2010). Neural responses to ingroup and outgroup members' suffering predict individual differences in costly helping. *Neuron, 68*(1), 149–160.

Influs, M., Pratt, M., Masalha, S., Zagoory-Sharon, O., & Feldman, R. (2018). A social neuroscience approach to conflict resolution: Dialogue intervention to Israeli and Palestinian youth impacts oxytocin and empathy. *Social Neuroscience, 14,* 378–389.

Jackson, P. L., Brunet, E., Meltzoff, A. N., & Decety, J. (2006). Empathy examined through the neural mechanisms involved in imagining how I feel versus how you feel pain. *Neuropsychologia, 44*(5), 752–761.

Jenni, N. L., Larkin, J. D., & Floresco, S. B. (2017). Prefrontal dopamine D1 and D2 receptors regulate dissociable aspects of decision making via distinct ventral striatal and amygdalar circuits. *The Journal of Neuroscience, 37(26),* 6200–6213.

Ji, J. L., Spronk, M., Kulkarni, K., Repovš, G., Anticevic, A., & Cole, M. W. (2019). Mapping the human brain's cortical-subcortical functional network organization. *NeuroImage, 185,* 35–57.

*Jie, J., Fan, M., Yang, Y., Luo, P., Wang, Y., Li, J., ... & Zheng, X. (2022). Establishing a counter-empathy processing model: Evidence from functional magnetic resonance imaging. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 17*(3), 273–289.

Laird, A. R., Eickhoff, S. B., Li, K., Robin, D. A., Glahn, D. C., & Fox, P. T. (2009). Investigating the functional heterogeneity of the default mode network using coordinate-based meta-analytic modeling. *Journal of Neuroscience, 29*(46), 14496–14505.

Laird, A. R., Fox, P. M., Price, C. J., Glahn, D. C., Uecker, A. M., Lancaster, J. L., ... & Fox, P. T. (2005). ALE meta-analysis: Controlling the false discovery rate and performing statistical contrasts. *Human Brain Mapping, 25*(1), 155–164.

*Li, X., Liu, Y., Luo, S., Wu, B., Wu, X., & Han, S. (2015). Mortality salience enhances racial in-group bias in empathic neural responses to others' suffering. *NeuroImage, 118,* 376–385.

Lieberman, M. D., Straccia, M. A., Meyer, M. L., Du, M., & Tan, K. M. (2019). Social, self,(situational), and affective processes in

medial prefrontal cortex (MPFC): Causal, multivariate, and reverse inference evidence. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 99,* 311–328.

Losin, E. A. R., Woo, C. W., Medina, N. A., Andrews-Hanna, J. R., Eisenbarth, H., & Wager, T. D. (2020). Neural and sociocultural mediators of ethnic differences in pain. *Nature Human Behaviour, 4*(5), 517–530.

*Luo, S., Li, B., Ma, Y., Zhang, W., Rao, Y., & Han, S. (2015). Oxytocin receptor gene and racial ingroup bias in empathy-related brain activity. *NeuroImage, 110,* 22–31.

Marsh, A. A. (2018). The neuroscience of empathy. *Current Opinion in Behavioral Sciences, 19,* 110–115.

Masten, C. L., Morelli, S. A., & Eisenberger, N. I. (2011). An fMRI investigation of empathy for 'social pain'and subsequent prosocial behavior. *NeuroImage, 55*(1), 381–388.

*Mathur, V. A., Harada, T., Lipke, T., & Chiao, J. Y. (2010). Neural basis of extraordinary empathy and altruistic motivation. *NeuroImage, 51*(4), 1468–1475.

Mitchell, J. P. (2009). Inferences about mental states. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 364*(1521), 1309–1316.

Mitchell, T., Haw, R., Pfeifer, J., & Meissner, C. (2005). Racial bias in mock juror decision-making: A meta-analytic review of defendant treatment. *Law and Human Behavior, 29,* 621–637.

Morelli, S. A., Rameson, L. T., & Lieberman, M. D. (2014). The neural components of empathy: Predicting daily prosocial behavior. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 9*(1), 39–47.

Müller, V. I., Cieslik, E. C., Laird, A. R., Fox, P. T., Radua, J., Mataix-Cols, D., ... & Eickhoff, S. B. (2018). Ten simple rules for neuroimaging meta-analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 84,* 151–161.

Niendam, T., Laird, A., Ray, K., Dean, Y., Glahn, D., & Carter, C. (2012). Meta-analytic evidence for a superordinate cognitive control network subserving diverse executive functions. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 12,* 241–268.

Ochsner, K., Ray, R., Cooper, J., Robertson, E., Chopra, S., Gabrieli, J., & Gross, J. (2004). For better or for worse: Neural systems supporting the cognitive down- and up-regulation of negative emotion. *NeuroImage, 23,* 483–499.

Perri, R. L., Berchicci, M., Bianco, V., Spinelli, D., & Di Russo, F. (2018). Brain waves from an "isolated" cortex: contribution of the anterior insula to cognitive functions. *Brain Structure and Function, 223,* 1343–1355.

Phan, L., Fitzgerald, D., Nathan, P., Moore, G., Uhde, T., & Tancer, M. (2005). Neural substrates for voluntary suppression of negative affect: A functional magnetic resonance imaging study. *Biological Psychiatry, 57,* 210–219.

*Pluta, A., Mazurek, J., Wojciechowski, J., Wolak, T., Soral, W., & Bilewicz, M. (2023). Exposure to hate speech deteriorates neurocognitive mechanisms of the ability to understand others' pain. *Scientific Reports, 13*(1), 4127.

Rameson, L. T., Morelli, S. A., & Lieberman, M. D. (2012). The neural correlates of empathy: Experience, automaticity, and prosocial behavior. *Journal of Cognitive Neuroscience, 24*(1), 235–245.

Raschle, N. M., Menks, W. M., Fehlbaum, L. V., Steppan, M., Smaragdi, A., Gonzalez-Madruga, K., ... & Stadler, C. (2018). Callous-unemotional traits and brain structure: Sex-specific effects in anterior insula of typically-developing youths. *NeuroImage: Clinical, 17,* 856–864.

Robbins, T. W., & Dalley, J. W. (2017). Impulsivity, risky choice, and impulse control disorders: Animal models. In J-C. Dreher & L. Tremblay (Eds.), *Decision Neuroscience* (pp. 81–93). Academic Press.

*Ruckmann, J., Bodden, M., Jansen, A., Kircher, T., Dodel, R., & Rief, W. (2015). How pain empathy depends on ingroup/outgroup decisions: A functional magnet resonance imaging study. *Psychiatry Research: NeuroImaging, 234*(1), 57–65.

Seeley, W. W., Menon, V., Schatzberg, A. F., Keller, J., Glover, G. H., Kenna, H., ... & Greicius, M. D. (2007). Dissociable intrinsic connectivity networks for salience processing and executive control. *Journal of Neuroscience, 27*(9), 2349–2356.

Shamay-Tsoory, S., Abu-Akel, A., Palgi, S., Sulieman, R., Fischer-Shofty, M., Levkovitz, Y., & Decety, J. (2013). Giving peace a chance: Oxytocin increases empathy to pain in the context of the Israeli–Palestinian conflict. *Psychoneuroendocrinology, 38,* 3139–3144.

*Sheng, F., Liu, Q., Li, H., Fang, F., & Han, S. (2014). Task modulations of racial bias in neural responses to others' suffering. *NeuroImage, 88,* 263–270.

Smith, R., Lane, R. D., Alkozei, A., Bao, J., Smith, C., Sanova, A., ... & Killgore, W. D. (2017). Maintaining the feelings of others in

working memory is associated with activation of the left anterior insula and left frontal-parietal control network. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 12*(5), 848–860.

Sridharan, D., Levitin, D. J., & Menon, V. (2008). A critical role for the right fronto-insular cortex in switching between central-executive and default-mode networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 105*(34), 12569–12574.

Starkweather, C. K., Gershman, S. J., & Uchida, N. (2018). The medial prefrontal cortex shapes dopamine reward prediction errors under state uncertainty. *Neuron, 98*(3), 616–629.

Tompkins, R., Vasquez, K., Gerdin, E., Dunham, Y., & Liberman, Z. (2023). Expectations of intergroup empathy bias emerge by early childhood. *Journal of Experimental Psychology: General, 153*(11), 2700–2714.

Thompson, N. M., Uusberg, A., Gross, J. J., & Chakrabarti, B. (2019). Empathy and emotion regulation: An integrative account. *Emotion and Cognition, 247,* 273–304.

Turkeltaub, P. E., Eickhoff, S. B., Laird, A. R., Fox, M., Wiener, M., & Fox, P. (2012). Minimizing within-experiment and within-group effects in activation likelihood estimation meta-analyses. *Human Brain Mapping, 33*(1), 1–13.

Vanman, E. (2016). The role of empathy in intergroup relations. *Current Opinion in Psychology, 11,* 59–63.

Varela, F., Lachaux, J. P., Rodriguez, E., & Martinerie, J. (2001). The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration. *Nature Reviews Neuroscience, 2*(4), 229–239.

Vaughn, I. A., Terry, E. L., Bartley, E. J., Schaefer, N., & Fillingim, R. B. (2019). Racial-ethnic differences in osteoarthritis pain and disability: A meta-analysis. *The Journal of Pain, 20*(6), 629–644.

*Wang, C., Wu, B., Liu, Y., Wu, X., & Han, S. (2015). Challenging emotional prejudice by changing self-concept: Priming independent self-construal reduces racial in-group bias in neural responses to other's pain. *Social Cognitive and Affective Neuroscience, 10*(9), 1195–1201.

Wang, Y., Zou, Q., Ao, Y., Liu, Y., Ouyang, Y., Wang, X., ... & Chen, H. (2020). Frequency-dependent circuits anchored in the dorsal and ventral left anterior insula. *Scientific Reports, 10*(1), 16394.

Wen, X., Liu, Y., Yao, L., & Ding, M. (2013). Top-down regulation of default mode activity in spatial visual attention. *Journal of Neuroscience, 33*(15), 6444–6453.

*Xu, X., Zuo, X., Wang, X., & Han, S. (2009). Do you feel my pain? Racial group membership modulates empathic neural responses. *Journal of Neuroscience, 29*(26), 8525–8529.

Yarkoni, T., Poldrack, R. A., Nichols, T. E., Van Essen, D. C., Wager, T. D.(2011). Large-scale automated synthesis of human functional neuroimaging data. *Nature Methods, 8*(8), 665–670.

Zaki, J., & Ochsner, K. N. (2012). The neuroscience of empathy: Progress, pitfalls and promise. *Nature Neuroscience, 15*(5), 675–680.

The functional brain networks of intergroup empathy bias: A meta-analysis based on fMRI studies

SUN Luwen, ZHOU Yue, JIANG Zhongqing

(*College of Psychology, Liaoning Normal University, Dalian 116029, China*)

Abstract: Intergroup empathy bias refers to the phenomenon where individuals exhibit unequal empathy towards in-group and out-group members. Currently, the neural mechanisms underlying intergroup empathy bias, particularly the functional brain networks and neural regulatory mechanisms, remain poorly understood. This study utilized Activation Likelihood Estimation (ALE) to analyze the brain region coordinates reported in 19 studies on intergroup empathy bias and identified two significant clusters in the left anterior insula (lAI) and the medial prefrontal cortex (mPFC). Furthermore, by employing Meta-Analytic Connectivity Modeling (MACM) and Neurosynth functional decoding, the study revealed that these clusters not only play a crucial role in intergroup empathy bias but also exhibit functional overlap with the central executive network (CEN). This discovery enhances the neuroscientific and theoretical foundation of intergroup empathy while providing critical evidence for developing educational intervention strategies. Future research should investigate the specific functional characteristics of these key brain regions and their neural regulatory mechanisms, aiming to translate neuroscientific insights into practical interventions that reduce empathy bias, promote intergroup harmony, mitigate social prejudice, and resolve conflicts.

Key words: intergroup empathy bias, ALE meta-analysis, MACM, Neurosynth